

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 32 29 819 A 1

⑤1 Int. Cl. 3:
G 05 D 1/12
G 01 C 21/18

⑳ Aktenzeichen: P 32 29 819.6
㉑ Anmeldetag: 11. 8. 82
㉒ Offenlegungstag: 16. 2. 84 ✓

㉑ Anmelder:
Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, 7770
Überlingen, DE

㉒ Erfinder:
Krogmann, Uwe, Phys.-Ing., 7770
Überlingen-Nußdorf, DE

*Beschleunigungsmesser +
Lagewinkel über Integration*

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem für Kampfpanzer

Die für das Feuerleitsystem vorhandenen Kreisel sollen für die Navigation mit ausgenutzt und die Feuerleitung verbessert werden. Beschleunigungsmesser und ein Wendekreisell sitzen an der Waffe. Die Beschleunigungsmessersignale und von dem Wendekreisell abgeleitete Signale werden Lagefiltern zugeführt, die als Kalman-Filter ausgebildet sind. Die Lagefilter liefern Schätzwerte von Elementen der Richtungskosinusmatrix für eine Transformation aus einem waffenfesten Koordinatensystem in ein erdfestes Koordinatensystem. Daraus werden der Fahrzeugkurs für die Navigation und die Lagewinkel der Waffe für die Feuerleitung berechnet. (32 29 819)

DE 32 29 819 A 1

DE 32 29 819 A 1

BEST AVAILABLE COPY

1

5

10

Patentansprüche

1. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem für Kampfpanzer mit einem um eine Hochachse verdrehbaren Turm und einer gegenüber dem Turm in der Elevation verstellbaren Waffe, enthaltend

15

(a) eine an der Waffe angebrachte Wendekreiselanordnung,

20

(b) an der Waffe angeordnete Lagefühler,

(c) Fühler, die auf die Lagewinkel der Waffe relativ zu dem Kampfpanzer ansprechen,

25

(d) einen Geschwindigkeitsfühler, der ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal liefert und

(e) einen Rechner mit

30

(e₁) Mitteln zur Bestimmung des auf die Waffe bezogenen Kurswinkels, auf welche die Signale der Wendekreiselanordnung und der Lagefühler aufgeschaltet sind,

35

- 1 (e₂) Mitteln zur Bestimmung des Fahrzeug-
kurswinkels, auf welche der auf die
Waffe bezogene Kurswinkel, die Signale der
Lagefühler und die von den Fühlern ge-
5 lieferten Lagewinkel der Waffe relativ
zu dem Kampfpanzer aufgeschaltet sind,
- (e₃) Mitteln zum Bestimmen der Fahrzeugposition,
auf welche der Fahrzeugkurswinkel und
10 das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal aufge-
schaltet sind, sowie
- (e₄) Mitteln zum Stabilisieren und Richten der
Waffe unter Benutzung der von den
15 Fühlern gelieferten Signale,
- dadurch gekennzeichnet, daß
- 20 (f) der Lagefühler von Beschleunigungsmessern ge-
bildet ist,
- (g) die Signale der Beschleunigungsmesser zu-
sammen mit Fahrzeuggeschwindigkeitssignalen
und von der Wendekreiselanordnung abgeleiteten
25 Winkelgeschwindigkeitssignalen auf Kalman-
Filter geschaltet sind, welche Schätzwerte
für Elemente der Richtungskosinusmatrix liefert,
und
- 30 (h) die von den Kalman-Filtern gelieferten
Elemente der Richtungskosinusmatrix und die
von der Wendekreiselanordnung gelieferten
Drehgeschwindigkeitssignale auf Rechnermittel
zur Berechnung des auf die Waffe bezogenen
35 Kurswinkels geschaltet sind.

1 2. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem nach
Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das
Kalman-Filter jeweils

6 (a) erste integrierende Mittel enthält sowie

(b) Mittel zur Subtraktion des von den ersten
integrierenden Mitteln gelieferten Signals
und der Komponente des Fahrzeuggeschwindig-
keitssignals zur Bildung eines Differenz-
signals,

15

(c) Mittel zur Multiplikation des Differenz-
signals mit einem ersten, vorzugsweise
zeitabhängigen Faktor,

20

(d) Mittel zur Addition des mit dem Faktor
multiplizierten Differenzsignals mit einem
Winkelgeschwindigkeitssignal zur Bildung
eines Summensignals,

25

(e) zweite integrierende Mittel, auf welche das
Summensignal aufgeschaltet sind und welche
den Schätzwert für das Element der
Richtungskosinusmatrix liefert,

30

(f) Mittel zur Multiplikation dieses Schätz-
wertes mit der Erdbeschleunigung,

35

(h) Mittel zur Multiplikation des Differenz-
signals mit einem zweiten, vorzugsweise
zeitabhängigen, Faktor und

- 1 (i) Mittel zur Summation
- (i₁) des Signals von dem Beschleunigungs-
- 5 messer,
- (i₂) des mit der Erdbeschleunigung multi-
- plizierten Schätzwerts und
- (i₃) des mit dem zweiten Faktor multi-
- 10 plizierten Differenzsignals und
- (j) Mittel zum Umschalten des so erhaltenen
- Signals auf die ersten integrierenden Mittel.
- 15 3. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem nach
- Anspruch 2, gekennzeichnet durch
- (a) ein erstes als Kalman-Filter ausgebildetes
- 20 Lagefilter, das einen Schätzwert (\hat{C}_{31}^W) des
- Elements der dritten Zeile und ersten Spalte
- der Richtungskosinusmatrix für eine Trans-
- formation aus einem waffenfesten Koordinaten-
- system in ein erdfestes Koordinatensystem
- 25 liefert,
- (b) ein zweites als Kalman-Filter ausgebildetes
- Lagefilter, das einen Schätzwert (\hat{C}_{32}^W) des
- 30 Elements der dritten Zeile und zweiten
- Spalte der Richtungskosinusmatrix für eine
- Transformation aus einem waffenfesten
- Koordinatensystem in ein erdfestes Koordinaten-
- system liefert,
- 35

- 1 (c) erste Rechnermittel, auf welche die Schätz-
werte von dem ersten und dem zweiten Lagefilter
aufgeschaltet sind und welche daraus einen
5 Schätzwert (\hat{C}_{33}^W) des Elements aus der dritten
Zeile und dritten Spalte der Richtungskosinus-
matrix für eine Transformation aus einem
waffenfesten Koordinatensystem in ein erd-
festes Koordinatensystem bildet.

10 4. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem nach
Anspruch 3, gekennzeichnet durch

- (d) zweite Rechnermittel auf welche
- 15 (d₁) von der Wendekreiselanordnung die hin-
sichtlich der Erddrehgeschwindigkeit
kompensierten Winkelgeschwindigkeiten um
Achsen des waffenfesten Koordinatensystems
und
- 20 (d₂) von den Lagefiltern und den ersten
Rechnermitteln die Elemente aus der
dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix
aufgeschaltet sind, und welche
- 25 (d₃) die Änderungsgeschwindigkeit des auf die
Waffe bezogenen Kurswinkels (Waffenkurses)
im erdfesten Koordinatensystem
liefern,
- 30 (e) Integrationsmittel zur Integration der
besagten Änderungsgeschwindigkeit, welche ein
Ausgangssignal entsprechend dem Waffenkurs
liefern,
- 35

- 1 (f) dritte Rechnermittel, auf welche
- (f₁) die Schätzwerte der Elemente aus der
5 dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix
und
- (f₂) der Waffenkurs
- aufgeschaltet sind und welche
- 10 (f₃) Schätzwerte für die Elemente der ersten
Zeile der Richtungskosinusmatrix liefern,
und
- 15 (g) vierte Rechnermittel, auf welche
- (g₁) die Schätzwerte der Elemente aus der
ersten Zeile der Richtungskosinusmatrix,
- 20 (g₂) die Schätzwerte der Elemente aus der
dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix
und
- (g₃) die Lagewinkel der Waffe relativ zu dem
25 Kampfpanzer
- zugeführt werden und welche daraus über die
Arcuscosinusfunktion
- 30 (g₄) den Kurswinkel der Fahrzeuglängsachse
in dem erdfesten Koordinatensystem liefern.
- 35

- 1 5. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem nach
Anspruch 3, gekennzeichnet durch

(d) zweite Rechnermittel auf welche

5

(d₁) von der Wendekreiselanordnung die hinsichtlich der Erddrehgeschwindigkeit kompensierten Winkelgeschwindigkeit um Achsen des waffenfesten Koordinatensystems und

10

(d₂) von den Lagefiltern und den ersten Rechnermitteln die Elemente aus der dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix

15

aufgeschaltet sind, und welche

(d₃) die Änderungsgeschwindigkeit des auf die Waffe bezogenen Kurswinkels (Waffenkurses) im erdfesten Koordinatensystem

20

liefern,

(e) Integrationsmittel zur Integration der besagten Änderungsgeschwindigkeit, welche ein Ausgangssignal entsprechend dem Waffenkurs liefern,

25

(f) fünfte Rechnermittel (170), auf welche

30

(f₁) die Schätzwerte (\hat{C}_3^W) der Elemente aus der dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix und

35

(f₂) der Waffenkurs (ψ^W)

aufgeschaltet sind und welche

- 1 (f₃) Schätzwerte (\hat{C}_2^W) für die Elemente der
zweiten Zeile der Richtungskosinusmatrix
liefern, und
- 5 (g) sechste Rechnermittel (174), auf welche
- (g₁) die Schätzwerte (\hat{C}_2^W) der Elemente aus der
zweiten Zeile der Richtungskosinusmatrix,
- 10 (g₂) die Schätzwerte (\hat{C}_3^W) der Elemente aus der
dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix
und
- (g₃) die Lagewinkel (α^T, σ^W) der Waffe (16)
15 relativ zu dem Kampfpanzer (10)
- zugeführt werden und welche daraus über die
Arcussinusfunktion,
- 20 (g₄) den Kurswinkel der Fahrzeuglängsachse in
dem erdfesten Koordinatensystem
- liefern,
- 25 6. Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem
nach einem der Ansprüche 3 bis 5, gekennzeichnet
durch Rechnermittel (206), auf welche die
Elemente (\hat{C}_{-3}^W) der dritten Zeile der Richtungs-
kosinusmatrix (\hat{C}_W^R) aufgeschaltet sind und welche
30 für das Feuerleitsystem Nick- und Rollwinkel
(γ^W bzw. ψ^W) der Waffe (16) liefern.
- 35

1

5

10

Patentanmeldung

Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, D-7770 Überlingen
(Bodensee)

15 Integriertes Navigations- und Feuerleitsystem für
Kampfpanzer

20 Die Erfindung betrifft ein integriertes Navigations-
und Feuerleitsystem für Kampfpanzer mit einem um eine
Hochachse verdrehbaren Turm und einer gegenüber dem
Turm in der Elevation verstellbaren Waffe, enthaltend

25 (a) eine an der Waffe angebrachte Wendekreiselan-
ordnung,

(b) an der Waffe angeordnete Lagefühler,

30 (c) Fühler, die auf die Lagewinkel der Waffe relativ
zu dem Kampfpanzer ansprechen,

(d) einen Geschwindigkeitsfühler, der ein Fahrzeug-
geschwindigkeitssignal liefert und

35

1 (e) einen Rechner mit

5 (e₁) Mitteln zur Bestimmung des auf die Waffe bezogenen Kurswinkels, auf welche die Signale der Wendekreisel und der Lagefühler aufgeschaltet sind,

10 (e₂) Mitteln zur Bestimmung des Fahrzeugkurswinkels, auf welche der auf die Waffe bezogene Kurswinkel, die Signale der Lagefühler und die von den Fühlern gelieferten Lagewinkel der Waffe relativ zu dem Kampfpanzer aufgeschaltet sind,

15 (e₃) Mitteln zum Bestimmen der Fahrzeugposition, auf welche der Fahrzeugkurswinkel und das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal aufgeschaltet sind, sowie

20 (e₄) Mitteln zum Stabilisieren und Richten der Waffe unter Benutzung der von den Fühlern gelieferten Signale.

Es sind Feuerleitsysteme für Kampfpanzer bekannt.

25

Bei einem bekannten Feuerleitsystem sind an der Waffe (Kanone) zwei Wendekreisel angebracht. Die Eingangsachse des einen Wendekreises liegt in der Elevations-ebene der Waffe senkrecht zur Achse der Waffe. Die
30 Eingangsachse des anderen Wendekreises liegt senkrecht zu dieser Elevationsebene. Weiterhin sitzt an der Waffe ein Lagekreisel, der die Lagewinkel der Waffe im Raum liefert. Durch diese Kreisel erfolgt eine Stabilisierung der Waffe, d.h. eine Entkopplung der Waffe von den
35 Nick- und Gierbewegungen des Kampfpanzers im Gelände.

- 1 Es wird dabei ein primärstabilisiertes Visier auf das
Ziel gerichtet. Die Waffe wird durch einen Regler
(Waffennachführung) der Visierlinie dieses primär-
5 stabilisierten Visiers nachgeführt, wobei die Nach-
führung unter Berücksichtigung der vom Feuerleitsystem
vorgegebenen Abweichungen (Vorhalt- und Aufsatzwinkel)
erfolgt. Es sind weiterhin ein Fühler für die Drehbe-
10 wegung des Turms und ein Fühler für den Elevations-
winkel der Waffe gegenüber dem Turm vorgesehen. Diese
Fühler sprechen auf die Lagewinkel der Waffe relativ
zu dem Kampfpanzer an. Es ist weiterhin ein Ge-
schwindigkeitsfühler (Odometer) vorgesehen, der ein
Fahrzeuggeschwindigkeitssignal liefert.
- 15 Bei einem anderen bekannten Feuerleitsystem ist an
der Waffe ein zweiachsiger, dynamisch abgestimmter
Wendekreis abgebracht. Ein weiterer zweiachsiger,
dynamisch abgestimmter Kreisels sitzt am Turm, wobei
20 eine erste Eingangsachse parallel zur Elevationsebene
der Waffe und eine zweite Eingangsachse senkrecht zu
dieser Eingangsachse liegt. Am Turm ist weiterhin ein
Lotfühler angebracht. Schließlich sind ebenfalls
Lagefühler vorgesehen, die auf die Lagewinkel der Waffe
relativ zu dem Kampfpanzer ansprechen.
- 25 Es sind Fahrzeugnavigationssysteme bekannt
(DE-AS 25 45 025, DE-AS 26 59 094, DE-OS 29 22 415),
bei denen aus Fahrzeugkurswinkel, der mittels einer
Kreiselanordnung erhalten wird, und Fahrzeugge-
30 schwindigkeit nach dem Prinzip der Koppelnavigation
die Position des Fahrzeugs bestimmt wird.

1 Durch die DE-OS 29 22 415 ist ein Navigationsgerät für
Landfahrzeuge bekannt, bei welchem aus Winkelge-
schwindigkeiten, die von Wendekreisen gemessen werden,
der Sinus und der Kosinus des Fahrzeugkurswinkels er-
5 mittelt wird. Es sind fahrzeugfeste Beschleunigungsmesser
vorgesehen. Die hinsichtlich der Erddrehung korrigierten
Winkelgeschwindigkeiten und die Signale der Beschleuni-
gungsmesser werden auf Lagefilter geschaltet, welche
10 Elemente der Richtungskosinusmatrix für eine Trans-
formation aus einem fahrzeugfesten Koordinatensystem in
ein erdfestes Koordinatensystem liefert. Diese Elemente
sind zusammen mit den Winkelgeschwindigkeiten auf den
Rechner zur Berechnung des Fahrzeugkurswinkels ge-
schaltet. Aus Fahrzeugkurs und Fahrzeuggeschwindigkeit wird
15 die Fahrzeugposition nach dem Prinzip der Koppelnavigation
bestimmt.

Die Lagefilter bei der DE-OS 29 22 415 sind Kalman-Filter
und enthalten einen ersten Integrator. Das Ausgangs-
20 signal des ersten Integrators ist ggf. einer Komponente
der Fahrzeuggeschwindigkeit entgegengeschaltet. Das so
erhaltene Differenzsignal wird mit einem zeitabhängigen
Faktor multipliziert. Diesem mit dem Faktor multiplizierte
Differenzsignal wird ein aus den Winkelgeschwindigkeiten
25 und den (wiederum von den Lagefiltern gelieferten)
Elementen der Richtungskosinusmatrix abgeleitetes Signal
überlagert, das der Zeitableitung des durch das Lage-
filter zu schätzenden Elements der Richtungskosinusmatrix
entspricht. Das so erhaltene Summensignal wird durch
30 einen zweiten Integrator integriert. Ausgangssignal des
zweiten Integrators bildet den von dem Lagefilter ge-
lieferten Schätzwert des Elements der Richtungskosinus-
matrix. Das Ausgangssignal des zweiten Integrators wird
weiterhin mit der Erdbeschleunigung g multipliziert und
35 zusammen mit dem Signal eines der Beschleunigungsmesser
und dem mit einem zeitabhängigen Faktor multiplizierten
Differenzsignal auf den Eingang des ersten Integrators
geschaltet.

- 1 Es wäre wünschenswert, ein solches Fahrzeugnavigations-
system auch in einem Kampfpanzer vorzusehen. Das bringt
aber in der Praxis Raum- und Kostenprobleme mit sich.
- 5 Es ist daher schon der Vorschlag gemacht worden
("Symposium Gyro Technology 1981", Stuttgart, herausge-
geben von der DGON und Universität Stuttgart, Inst.
f. Mechanik), die in einem Kampfpanzer für das Feuer-
leitsystem sowieso vorhandenen Kreisel für Navigations-
10 zwecke auszunutzen, also ein integriertes Navigations-
und Feuerleitsystem vorzusehen. Bei einem Feuerleit-
system der oben zuerst erwähnten Art wird zu diesem
Zweck in einem ersten Rechenschritt eines Rechners aus
den von den Wendekreisen gemessenen Drehgeschwindigkeiten
15 der Waffe und den von dem Lagekreisel gelieferten
Lagewinkeln der Waffe der Kurswinkel der Waffe in einem
erdfesten Koordinatensystem bestimmt. Aus diesem Kurs-
winkel, den Lagewinkeln vom Lagekreisel und den Lage-
winkeln der Waffe relativ zu dem Kampfpanzer (Turmdrehung
20 und Elevation der Waffe) wird in einem zweiten Rechen-
schritt des Rechners der Fahrzeugkurswinkel ermittelt.
In ähnlicher Weise kann der Fahrzeugkurswinkel aus den
Signalen der Kreisel und sonstigen Fühler bei dem zweiten
oben erwähnten Feuerleitsystem bestimmt werden.
- 25 Die Güte der für das Feuerleitsystem verwendeten Kreisel
entspricht jedoch in der Praxis nicht den an ein
Navigationssystem zu stellenden Anforderungen. Die Ver-
wendung von Kreiseln höherer Güte würde den Preis für
30 das Navigations- und Feuerleitsystem so erhöhen, daß sein
Einsatz in Kampfpanzern aus wirtschaftlichen Gründen nicht
möglich wäre.
- 35 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein inte-
griertes Navigations- und Feuerleitsystem für Kampf-
panzer so auszubilden, daß ohne übermäßige Anforderungen
an die Kreisel die an ein Navigationssystem zu stellenden

- 1 Anforderungen erfüllt werden können, wobei gleichzeitig
die Funktion des Feuerleitsystems verbessert wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß

5

- (f) der Lagefühler von Beschleunigungsmessern gebildet ist,

10

- (g) die Signale der Beschleunigungsmesser zusammen mit Fahrzeuggeschwindigkeitssignalen und von der Wendekreiselanordnung abgeleiteten Winkelgeschwindigkeitssignalen auf Kalman-Filter geschaltet sind, welche Schätzwerte für Elemente der Richtungskosinusmatrix liefert, und

15

- (h) die von den Kalman-Filtern gelieferten Elemente der Richtungskosinusmatrix und die von der Wendekreiselanordnung gelieferten Drehgeschwindigkeitssignale auf Rechnermittel zur Berechnung des auf die Waffe bezogenen Kurswinkels geschaltet sind.

20

Als waffenfeste Lagefühler sind statt eines Lagekreisels Beschleunigungsmesser vorgesehen. Die Signale der Beschleunigungsmesser sind zusammen mit den Fahrzeuggeschwindigkeitssignalen und Winkelgeschwindigkeitssignalen, welche aus den Signalen der Wendekreiselanordnung durch Korrektur hinsichtlich der Erddrehung abgeleitet sind, auf ein Kalman-Filter geschaltet. Durch das Kalman-Filter erfolgt eine Korrektur von Kreiselfehlern: Fehler des Kreiselsignals führen zu einem Fehler des Elements der Richtungskosinusmatrix. Das führt zu einer Fehlkompensation der Schwerbeschleunigungskomponente in dem Signal des Beschleunigungsmessers, die eine Newtonsche Beschleunigung vortäuscht. Ein Vergleich der daraus ermittelten Geschwindigkeit mit der von dem Geschwindigkeitsfühler gelieferten Geschwindigkeit ergibt dann ein Differenzsignal, das eine Korrektur des von dem Kalman-Filter gebildeten Modells bewirkt. Es wird dadurch

25

30

35

ebenfalls ermöglicht, mit einem Kreisel, wie er für das Feuerleitsystem verwendet wird, auch die Navigationsaufgaben zu lösen. Es wird aber gleichzeitig die Messung der Lagewinkel der Waffe für das Feuerleitsystem verbessert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert:

- Fig. 1 ist eine schematisch-perspektivische Darstellung eines Kampfpanzers und veranschaulicht die Anordnung der verschiedenen Fühler.
- Fig. 2 ist ein Blockschaltbild des integrierten Navigations- und Feuerleitsystems.
- Fig. 3 ist ein Blockschaltbild und veranschaulicht die Bestimmung des Fahrzeugkurswinkels und der Lagewinkel der Waffe.
- Fig. 4 zeigt im einzelnen ein als Lagefilter benutztes Kalman-Filter.
- Fig. 5 zeigt die Mittel zur Bestimmung des auf die Waffe bezogenen Kurswinkels und
- Fig. 6 zeigt die Mittel zur Bestimmung des Fahrzeugkurswinkels.

In Fig. 1 ist schematisch-perspektivisch ein Kampfpanzer 40 mit einem Turm 12 dargestellt. Der Turm 12 ist um eine Hochachse z^T verschwenkbar. Ein Winkelgeber 14 liefert ein den Drehwinkel α^T um die Hochachse z^T darstellendes Signal. In dem Turm 12 ist eine Waffe 16 in

1 einer durch die Hochachse z^T und eine turmfeste, zur
Hochachse z^T senkrechte Koordinatenachse x^T festgelegten
Elevationsebene verschwenkbar. Der Elevationswinkel σ^W
der Waffe 16, d.h. der Winkel zwischen der Koordinaten-
5 achse x^T und der Längsachse der Waffe wird von einem
Winkelgeber 18 erfaßt und in ein entsprechendes Signal
umgesetzt.

Die Hochachse z^T , die Koordinatenachse x^T und eine zu
10 diesen beiden senkrechte Koordinatenachse y^T bilden ein
turmfestes Koordinatensystem. Ein waffenfestes Ko-
ordinatensystem ist bestimmt durch die Längsachse der
Waffe 16, die eine Koordinatenachse x^W bildet, die
Schwenkachse der Waffe 16, die parallel zu der Koordinaten-
15 achse y^T und senkrecht zu der Elevationsebene verläuft
und eine Koordinatenachse y^W bildet, und eine zu den
Koordinatenachsen x^W und y^W senkrechte Achse z^W . Ein
fahrzeugfestes Koordinatensystem wird durch die Fahr-
zeuglängsachse x^F , die Fahrzeugquerachse y^F und die
20 Fahrzeughochachse z^F definiert. Schließlich ist ein
erdfestes Koordinatensystem durch x^R =Nord, y^R =Ost und
 z^R =Vertikale festgelegt.

An der Waffe 16 sitzt ein erster Beschleunigungsmesser 20,
25 dessen Empfindlichkeitsachse 22 parallel zu der Ko-
ordinatenachse x^W , also der Längsachse der Waffe 16 ist.
An der Waffe 16 sitzt weiterhin ein zweiter Beschleu-
nigungsmesser 24, dessen Empfindlichkeitsachse 26
parallel zu der Koordinatenachse y^W , also der Schwenk-
30 achse der Waffe 16 ist. Mit 28 ist ein ebenfalls an der
Waffe 16 angebrachter zweiachsiger Wendekreis bezeichnet.
Der Wendekreis 28 ist ein dynamisch abgestimmter
Kreis (DTG). Die Drallachse 30 des Wendekreises 28
liegt parallel zu der Koordinatenachse x^W . Eine erste
35 Eingangsachse 32 des Wendekreises 28 ist parallel zu der

1 Koordinatenachse y^W . Der Wendekreis 28 liefert also
ein Signal nach Maßgabe der Drehgeschwindigkeit q^W der
Waffe um die Schwenk- oder Koordinatenachse y^W . Die
zweite Eingangsachse 34 des Wendekreises 28 ist parallel
5 zu der Koordinatenachse z^W des waffenfesten Koordinaten-
systems.

Der Turm 12 trägt noch einen turmfesten, zweiachsigen
Wendekreis 36, der ebenfalls als dynamisch abge-
10 stimmter Kreis ausgebildet ist. Die Drallachse 38 des
turmfesten Wendekreises 36 liegt parallel zu der
Koordinatenachse z^T des turmfesten Koordinaten-
systems. Eine erste Eingangsachse 40 des Wendekreises 36
ist parallel zu der Koordinatenachse x^T und eine zweite
15 Eingangsachse 42 ist parallel zu der Koordinatenachse y^T
des turmfesten Koordinatensystems. Der Wendekreis 36
spricht somit auf Roll- und Nickbewegungen des Turms 12
an und liefert entsprechende Winkelgeschwindigkeits-
signale p^T und q^T .

20

Ein Odometer oder Geschwindigkeitsfühler 44 liefert ein
Fahrzeuggeschwindigkeitssignal entsprechend der
Fahrzeuggeschwindigkeit in Richtung der Fahrzeuglängs-
achse x^F .

25

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm des integrierten Navigations-
und Feuerleitsystems.

30

Mit 46 ist ein primärstabilisiertes Visier bezeichnet, das
vom Richtschützen mittels eines Richtgriffs 48 auf
ein Ziel gerichtet wird. Das Visier 46 liefert
Kommandos λ_z^V und λ_y^V , welche die Lage der Sichtlinie zum
Ziel in dem stabilisierten, visierfesten System angibt.
Ein Regler 50 erhält diese Kommandos λ_z^V und λ_y^V von
35 dem Visier 46 sowie Aufsatz- und Vorhaltssignale von
einem Feuerleitreechner 52 über Leitungen 54 bzw. 56. Der

1 Regler 50 erhält weiterhin über Leitungen 58, 60, 62
 Drehgeschwindigkeitssignale q^T , q^W und r^W von dem
 turmfesten Wendekreis 36 und dem waffenfesten Wende-
 kreis 28. Er erhält weiterhin über Leitung 64 ein
 5 Signal σ^W von dem Winkelgeber 18. Er liefert über
 Leitungen 66 und 68 Kommandos α^T_{KDO} bzw. σ^W_{KDO} zur Ver-
 drehung des Turms 12 bzw. der Waffe 16 mit den durch die
 Kommandos vorgegebenen Stellgeschwindigkeit. Das Dreh-
 geschwindigkeitssignal q^T stellt eine Störgrößen-
 10 aufschaltung dar. Eine Nickbewegung des Turms 12 führt
 auch zu einer Bewegung der Waffe 16. Dieser Bewegung
 wirkt der Regler 50 entgegen. Die Drehgeschwindigkeits-
 signale q^W und r^W und das Elevationswinkelsignal σ^W sind
 Rückführungen.

15 Der Feuerleitrechner 52 erhält über Leitungen 70 und 72
 Signale die dem Nick- bzw. Rollwinkel ϑ^W bzw. γ^W des
 oben definierten waffenfesten Koordinatensystems ge-
 genüber dem erdfesten Koordinatensystem angeben. Außer-
 20 dem erhält der Feuerleitrechner über Leitung 74 ein
 Fahrzeuggeschwindigkeitssignal v_x^F von dem Odometer 44.

Ein Mitrichtunterstützungsrechner 76 erhält über
 Leitungen 78 und 80 die Signale λ_x^V und λ_y^V von dem
 25 Visier 46 sowie ebenfalls das Fahrzeuggeschwindigkeits-
 signal v_x^F von dem Odometer 44. Der Mitrichtunter-
 stützungsrechner 76 liefert Signale λ_y^V und λ_z^V an
 Stellmotore 82 bzw. 84 zur Verstellung des Visiers.
 Durch die Berücksichtigung der Fahrzeuggeschwindigkeit
 30 wird das Visier 46 und damit die Waffe 16 automatisch
 entsprechend der Eigenbewegung des Kampfpanzers nachge-
 führt und auf das Ziel ausgerichtet gehalten.

Das ist im wesentlichen die Funktion eines üblichen
 35 Feuerleitsystems und daher nicht im einzelnen beschrieben.

1 Das Navigationssystem, dessen Signalverarbeitung in dem
mit 86 bezeichneten Rechteck dargestellt ist, erhält
über die Leitungen 88, 90, 92, 94 die Drehgeschwindigkeits-
signale q^T , p^T von dem Wendekreis 36 und die Dreh-
5 geschwindigkeitssignale q^W , r^W von dem Wendekreis 28.
Diese Drehgeschwindigkeitssignale werden, wie durch
Block 96 dargestellt ist, vor Antritt der Fahrt einer
Fehlerkompensation unterworfen. Diese Fehlerkompensation
kann nach Art der DE-AS 29 03 282 erfolgen, wobei der
10 Turm 12 in eine 0° -Stellung und eine 180° -Stellung ver-
dreht wird. Nach den so bestimmten Drehgeschwindigkeiten
können die Anfangsausrichtungen ermittelt werden. Es
werden weiter die Komponenten der Erddrehgeschwindigkeit
kompensiert. Und es wird unter Benutzung des Elevations-
15 winkels ϕ^W die Drehgeschwindigkeit p^W der Waffe 16 um
die Koordinatenachse x^W berechnet.

Die hinsichtlich der Erddrehgeschwindigkeit kompensierten
Drehgeschwindigkeitssignale E , r^W und N werden Kurs-
20 rechnermittel 98 zur Berechnung des auf die Waffe 16
bezogenen Kurswinkels γ^W oder vielmehr des Sinus
 $\sin \gamma^W$ und Kosinus $\cos \gamma^W$ dieses Kurswinkels zugeführt.
Die Kursrechnermittel 98 geben die Sinus- bzw. Kosinus-
signale über Leitungen 100 und 102 auf Transformations-
25 rechnermittel 104.

Die Rechnermittel gemäß Block 96 geben die hinsichtlich
der Erddrehung kompensierten Drehgeschwindigkeitssignale
auf Lagefiltermittel 106. Den Lagefiltermitteln 106 wird
30 weiter über Leitung 107 das Fahrzeuggeschwindigkeits-
signal zugeführt. Die Lagefiltermittel 106 liefern
Elemente der Richtungskosinusmatrix für die Trans-
formation eines Vektors aus dem waffenfesten in ein
erdfestes Koordinatensystem. Diese Elemente sind Winkel-
35 funktionen des Nick- und des Rollwinkels φ^W bzw. ψ^W der
Waffe 16 in dem erdfesten Koordinatensystem. Die Aus-
gangssignale der Lagefiltermittel 106 sind über

- 1 Leitungen 108, 110 auf die Transformationsrechnermittel 104 geschaltet.

Die Transformationsrechnermittel 104 erhalten weiter-
 5 hin die Winkel α^T und ϕ^W von den Winkelgebern 14 und 18 über Leitungen 112 bzw. 114. Die Transformationsrechnermittel 104 liefern den Kurswinkel γ^F der Fahrzeuglängsachse x^F in einem erdfesten Koordinatensystem.

- 10 Ein UTM-Navigationsrechner 116 erhält den Kurswinkel γ^F und über eine Leitung 118 das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal v_x^F von dem Odometer 44. Er liefert Ostwert, Nordwert und Gitterkurs. Wenn ein Wegpunkt als Fahrziel
 15 der UTM-Navigationsrechner 116 auch den Gitterkurs zu diesem Wegpunkt und die Distanz bis zu diesem Wegpunkt.

In Fig. 3 ist die Signalverarbeitung für die Navigation ausführlicher dargestellt.

20

Links von der Linie 122 in Fig. 3 sind die Sensoren dargestellt, deren Signale für die Navigation ausgenutzt werden. Im mittleren Teil von Fig. 3 ist als Blockschaltbild die Signalverarbeitung dargestellt. Rechts
 25 von der Linie 124 in Fig. 3 sind die erhaltenen Informationen gezeigt.

- Im linken Teil von Fig. 3 ist der turmfeste Wendekreis 36 gezeigt, der die Signale q^T und p^T liefert.
 30 Der waffenfeste Wendekreis 28 liefert die Signale q^W und r^W . Die ebenfalls waffenfesten Beschleunigungsmesser 20 und 24 liefern die Beschleunigungssignale a_x^W und a_y^W . Das Odometer 44 liefert das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal v_x^F . Die Winkelgeber 18 und 14 liefern die
 35 Winkel ϕ^W und α^T .

- 1 Die Drehgeschwindigkeitssignale q^T , p^T und q^W , r^W von den Wendekreisen 36 bzw. 28 sind auf Rechnermittel 126 zur Fehlerkompensation und zur Berechnung der Drehgeschwindigkeit p^W um die waffenfeste Koordinatenachse x^W geschaltet. Die Rechnermittel 126 erhalten zu diesem Zweck über Leitung 128 ein dem Elevationswinkel σ^W entsprechendes Signal von dem Winkelgeber 18. Die Rechnermittel 126 liefern so die Drehgeschwindigkeiten p^W , q^W und r^W um die Koordinatenachsen x^W , y^W und z^W des waffenfesten Koordinatensystems. Die Wendekreise 28 und 36 messen Drehgeschwindigkeiten gegenüber dem inertialen Raum. Um Drehgeschwindigkeiten gegenüber dem erdfesten Koordinatensystem zu erhalten, muß der Einfluß der Erddrehgeschwindigkeit kompensiert werden. In Rechnermittel 130 wird ein Anfangswert $\phi(0)$ der geographischen Breite eingegeben. Weiterhin erhalten die Rechnermittel 130 die (in noch zu beschreibender Weise erhaltenen) Elemente aus der ersten und dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix für eine Transformation aus dem erdfesten in ein waffenfestes Koordinatensystem. Die Rechnermittel 130 liefern die Komponenten ω_{Ex}^W , ω_{Ey}^W und ω_{Ez}^W der Erddrehgeschwindigkeit auf Leitungen 132, 134 und 136. Summationsmittel 138, 140 und 142 korrigieren die Drehgeschwindigkeiten p^W , q^W und r^W hinsichtlich der um die Koordinatenachsen x^W , y^W und z^W wirksamen Komponenten ω_{Ex}^W , ω_{Ey}^W und ω_{Ez}^W der Erddrehgeschwindigkeit und liefern die Drehgeschwindigkeiten um diese waffenfesten Koordinatenachsen relativ zu dem erdfesten Koordinatensystem. Rechnermittel 144 erhalten diese korrigierten Drehgeschwindigkeiten ω_x^W , ω_y^W , ω_z^W sowie die (in noch zu beschreibender Weise als Schätzwerte erhaltenen) Elemente aus der dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix für die Transformationen aus dem waffenfesten Koordinatensystem in das erdfeste Koordinatensystem. Die Rechnermittel 144 bestimmen daraus, wie in der DE-OS 29 22 415 angegeben, Größen mit der Dimension von Drehgeschwindigkeiten d_{31}^W und d_{32}^W als deterministische Eingangsgrößen für Lagefilter 146 und 148. Diese Größen \hat{d}_{31}^W und \hat{d}_{32}^W entsprechen

- 1 den Änderungsraten der Elemente der Richtungskosinusmatrix.

Das Lagefilter 146 erhält die Größe \hat{d}_{31}^W .

- 5 Über eine Anordnung 150 zur Fehlerkompensation wird dem Lagefilter 146 weiterhin das Beschleunigungssignal a_x^W des Beschleunigungsmessers 20 zugeführt. Eine weitere Eingangsgröße für das Lagefilter 146 ist die durch Subtraktionsmittel 152 gebildete Größe $r^W - \omega_{Ez}^W$, d.h.
- 10 die hinsichtlich der Erddrehgeschwindigkeitskomponente ω_{Ez}^W berichtigte, Drehgeschwindigkeit der Waffe 16 um die Koordinatenachse z^W . Die Drehgeschwindigkeit r^W wird von dem Wendekreis 28 gemessen. Schließlich erhält das Lagefilter 146 noch die in Richtung der
- 15 Koordinatenachse y^W fallende Komponente v_{yM}^W der gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeit v_x^F . Die von dem Odometer 18 gelieferte Fahrzeuggeschwindigkeit wird durch Rechnermittel 154 Komponentenzerlegung in die Komponenten v_{xM}^W und v_{yM}^W zerlegt. Die Rechnermittel 154 erhalten zu diesem
- 20 Zweck den Winkel α^T , um den der Turm verdreht ist, von dem Winkelgeber 18.

Das Lagefilter 148 erhält die Größe \hat{d}_{32}^W .

- 25 Über eine Anordnung 156 zur Fehlerkompensation wird dem Lagefilter 148 weiterhin das Beschleunigungssignal a_y^W des Beschleunigungsmessers 24 zugeführt. Eine weitere Eingangsgröße für das Lagefilter 148 ist ebenfalls die von den Subtraktionsmitteln 152 gebildete Größe $r^W - \omega_{Ez}^W$. Schließlich erhält das Lagefilter 148 noch die in die
- 30 Richtung der Koordinatenachse x^W fallende Komponente v_{xM}^W der Fahrzeuggeschwindigkeit v_x^F von den Rechnermitteln 154.

1 In die Lagefilter 146 und 148 werden die Anfangswerte
2 $\hat{C}_{31}^W(0)$ bzw. $\hat{C}_{32}^W(0)$ der Elemente C_{31}^W bzw. C_{32}^W der
3 Richtungskosinusmatrix für die Transformation aus dem
4 waffenfesten Koordinatensystem in das erdfeste Koordinaten-
5 system eingegeben. Diese Anfangswerte werden bei einer
6 Anfangsausrichtung vor Antritt der Fahrt in bekannter
7 Weise ermittelt. Das Lagefilter 146 liefert in noch
8 zu beschreibender Weise einen Schätzwert \hat{C}_{31}^W für das
9 Element C_{31}^W der Richtungskosinusmatrix. Das Lagefilter 148
10 liefert entsprechend einen Schätzwert \hat{C}_{32}^W für das
11 Element C_{32}^W der Richtungskosinusmatrix. Aus den beiden
12 Schätzwerten \hat{C}_{31}^W und \hat{C}_{32}^W kann in bekannter Weise durch
13 Rechnermittel 158 ein Schätzwert \hat{C}_{33}^W für das Element
14 C_{33}^W der Richtungskosinusmatrix erhalten werden. Die
15 Lagefilter 146 und 148 sind Kalman-Filter der in Fig. 4
16 dargestellten Art, deren Wirkungsweise unten noch
17 beschrieben wird.

18 Die Lagefilter 146, 148 und die Rechnermittel 158 liefern
19 somit die Elemente der dritten Zeile der Richtungs-
20 kosinusmatrix, die durch einen Vektor \hat{C}_3^W dargestellt
21 werden können. Diese Elemente \hat{C}_3^W werden unter anderem
22 über den Informationskanal 160 auf die Rechnermittel 144
23 gegeben, die wiederum die Größen \hat{d}_{31}^W und \hat{d}_{32}^W für die
24 Lagefilter 146 und 148 liefern.

25 Die durch den Vektor \hat{C}_3^W dargestellten Elemente der
26 Richtungskosinusmatrix werden über den Informations-
27 kanal 162 Rechnermittel 164 zur Berechnung der Kurs-
28 winkeländerung $\dot{\psi}^W$ der Waffe 16 zugeführt. Rechner-
29 mittel 164 erhalten die hinsichtlich der Erddrehung
30 korrigierten Drehgeschwindigkeitssignale $\dot{\omega}_y^W$ und $\dot{\omega}_z^W$
31 von den Summationsmitteln 140 und 142. Die Rechner-
32 mittel 164 liefern die Kurswinkeländerung $\dot{\psi}^W$ der Waffe 16
33 in dem erdfesten Koordinatensystem. Integrationsmittel 166
34
35

- 1 liefern daraus den Kurswinkel γ^W der Waffe. Die
Integrationsmittel 166 erhalten den Anfangswert $\gamma^W(0)$ des
Kurswinkels, der durch einen Nordungsvorgang vor Antritt
der Fahrt ermittelt wird. Dieser "Waffenkurs" γ^W wird über
5 eine Leitung 168 Rechnermitteln 170 zugeführt.

- Die Rechnermittel 170 erhalten über einen Informations-
kanal 172 die Elemente aus der dritten Zeile der
Richtungskosinusmatrix, d.h. den Vektor \hat{C}_3^W , sowie, wie
10 gesagt, den Waffenkurs γ^W . Sie liefern daraus die Elemente
aus der zweiten Zeile der Richtungskosinusmatrix, die
wieder zu einem Vektor \hat{C}_2^W zusammengefaßt werden können.

- Erste Fahrzeugkurs-Rechnermittel 174 erhalten über einen
15 Informationskanal 176 von den Rechnermitteln 170 die
Elemente aus der zweiten Zeile der Richtungskosinus-
matrix \hat{C}_2^W sowie über einen Informationskanal 178 von
den Rechnermitteln 158 die Elemente aus der dritten
Zeile der Richtungskosinusmatrix \hat{C}_3^W . Die ersten Fahr-
20 zeugkurs-Rechnermittel 174 erhalten weiterhin von
Winkelgeber 14 über Leitung 180 den Drehwinkel α^T des
Turms 12 sowie von Winkelgebern 18 über Leitung 182
den Elevationswinkel σ^W der Waffe 16. Die ersten Fahr-
zeugkurs-Rechnermittel 174 berechnen den Sinus des
25 Kurswinkels der Fahrzeuglängsachse x^F in dem erdfesten
Koordinatensystem und durch Arcussinusbildung den
Kurswinkel (Fahrzeugkurs) γ^F .

- Die Elemente aus der dritten Reihe der Richtungskosinus-
30 matrix \hat{C}_3^W sind über einen Informationskanal 184 auf
Rechnermittel 186 geschaltet. Die Rechnermittel 186
erhalten außerdem über Leitung 188 von den Integrations-
mitteln 166 den Waffenkurs γ^W . Die Rechnermittel 186
berechnen daraus die Elemente aus der ersten Zeile der
35 Richtungskosinusmatrix, die zu einem Vektor \hat{C}_1^W zusammen-
gefaßt werden können.

1 Zweite Fahrzeugkurs-Rechnermittel 190 erhalten über
einen Informationskanal 192 von den Rechnermitteln 186
die Elemente aus der ersten Zeile der Richtungskosinus-
matrix \hat{C}_1^W sowie über einen Informationskanal 194 die
5 Elemente aus der dritten Zeile der Richtungskosinus-
matrix \hat{C}_3^W . Die zweiten Fahrzeugkurs-Rechnermittel 190
erhalten weiterhin ebenfalls vom Winkelgeber 14 über
Leitung 196 den Drehwinkel α^T des Turms 12 sowie vom
Winkelgeber 18 über Leitung 198 den Elevationswinkel θ^W
10 der Waffe 16. Die zweiten Fahrzeugkurs-Rechnermittel 190
berechnen den Kosinus des Kurswinkels und durch
Arcuscosinusbildung den Kurswinkel ψ^F .

Die Elemente aus der ersten Zeile der Richtungskosinus-
15 matrix \hat{C}_1^W sind über einen Informationskanal 200 auf die
Rechnermittel 130 für die Kompensation der Erddrehge-
schwindigkeit geschaltet. Die Elemente aus der dritten
Zeile der Richtungskosinusmatrix \hat{C}_3^W sind über einen
Informationskanal 202 ebenfalls auf die Rechnermittel 130
20 geschaltet.

Die Elemente aus der dritten Zeile der Richtungskosinus-
matrix \hat{C}_3^W sind über einen Informationskanal 204 auf
Lagewinkel-Rechnermittel 206 geschaltet. Sie liefern die
25 Lagewinkel λ^W und μ^W der Waffe 16.

In Fig. 4 ist das Lagefilter 148 im einzelnen dargestellt.
Das Lagefilter 146 ist in entsprechender Weise aufgebaut.
Das Lagefilter 148 ist ein Kalman-Filter, das einen
30 Schätzwert \hat{C}_{32}^W des Elements C_{32}^W der Richtungs-
kosinusmatrix liefert.

- 1 Das Lagefilter 146 enthält erste integrierende Mittel 208.
Das Ausgangssignal \hat{v}_y^W der ersten integrierenden Mittel
208 wird als Subtrahend Subtraktionsmitteln 210 zugeführt.
Als Minuend erhalten die Subtraktionsmittel 210 die von
5 dem Odometer 44 und den Rechnermitteln 154
gelieferte Komponente \hat{v}_{yM}^W des Fahrzeuggeschwindigkeits-
signals v_x^F . Die Subtraktionsmittel 210 bilden daraus
ein Differenzsignal. Durch einen Block 212 sind Mittel
zur Multiplikation des Differenzsignals mit einem ersten,
10 vorzugsweise zeitabhängigen Faktor K_c symbolisiert.
Summationsmittel 214 erhalten das mit dem Faktor K_c
multiplizierte Differenzsignal und - als deterministische
Eingangsgröße - die Größe d_{32}^W . Die Größe d_{32}^W entspricht
wie oben erläutert wurde der Änderungsrate des Elements
15 C_{32} der Richtungskosinusmatrix. Es wird ein Summensignal
gebildet. Dieses Summensignal ist auf zweite integrierende
Mittel 216 aufgeschaltet. Diese zweiten integrierenden
Mittel 216 liefern den Schätzwert \hat{C}_{32}^W für das Element C_{32}
der dritten Zeile und zweite Spalte der Richtungskosinus-
20 matrix. Ein Block 218 symbolisiert Mittel zur
Multiplikation dieses Schätzwertes mit der Erdbeschleunigung g . Ein Block 220, der zwischen dem Ausgang
der Subtraktionsmittel 210 und dem Eingang der ersten
integrierenden Mittel 208 angeordnet ist, symbolisiert
25 Mittel zur Multiplikation des Differenzsignals mit einem
zweiten, vorzugsweise zeitabhängigen, Faktor K_v . Es sind
Mittel 222 zur Summation der Signale a_y^W von dem Be-
schleunigungsmesser 24, des mit der Erdbeschleunigung g
multiplizierten Schätzwerts C_{32}^W und des mit dem zweiten
30 Faktor K_v multiplizierten Differenzsignals vorgesehen. Die
so erhaltene Summe ist auf die ersten integrierenden
Mittel 208 aufgeschaltet.

- 1 Das beschriebene Lagefilter 148 arbeitet wie folgt:

Es sei einmal angenommen, die Orientierung der Waffe 16 im Raum bliebe unverändert, so daß \hat{d}_{32}^W null ist, und
 5 der Schätzwert \hat{C}_{32}^W entspräche dem tatsächlichen Element C_{32}^W der Richtungskosinusmatrix. In diesem Falle ergibt sich aus der Überlagerung des mit der Erdbeschleunigung g multiplizierten Schätzwerts C_{32}^W und der vom Beschleunigungsmesser 24 erfaßten Beschleunigung die tatsächliche
 10 Newtonsche Beschleunigung, also Geschwindigkeitsänderung, gegenüber dem erdfesten Koordinatensystem. Der Ausgang \hat{v}_y^W der ersten integrierenden Mittel 208 entspräche bei richtigen Anfangsbedingungen der tatsächlichen Geschwindigkeit. Die Differenz dieser "inertialen"
 15 Geschwindigkeit v_y^W und der mit dem Odometer gemessenen Geschwindigkeitskomponente v_{yM}^W wäre null. Damit wäre auch der Eingang der zweiten integrierenden Mittel 216 null. Der Ausgang der zweiten integrierenden Mittel 216 und somit der Schätzwert \hat{C}_{32}^W des Elements der
 20 Richtungskosinusmatrix bliebe konstant.

Wenn nun der Ausgang der zweiten integrierenden Mittel 216 nicht dem tatsächlichen Element der Richtungskosinusmatrix entspricht, dann ist die Differenz $a_y^W - \hat{C}_{32}^W \cdot g$ nicht die
 25 Newtonsche Beschleunigung. Das von den Subtraktionsmitteln 210 gebildete Differenzsignal wird von null verschieden und wächst mit der Zeit an. Damit entsteht ein Signal am Eingang der zweiten integrierenden Mittel 216, so daß der Ausgang der zweiten integrierenden
 30 Mittel 216 und damit \hat{C}_{32}^W verändert wird. Gleichzeitig wird der Eingang der integrierenden Mittel 208 unmittelbar mit dem Faktor K_v verändert.

Es erfolgt also eine Regelung derart, daß die inertial
 35 gemessene Geschwindigkeitskomponente \hat{v}_y^W gleich der direkt gemessenen Geschwindigkeitskomponente v_{yM}^W gehalten wird. Im Gleichgewichtszustand muß dann der

- 1 Schätzwert \hat{C}_{32}^W am Ausgang des Integrators 216 gleich dem dem tatsächlichen Lagewinkel entsprechenden Element der Richtungskosinusmatrix sein.
- 5 Eine Änderung des Lagewinkels der Waffe 16, also ein Signal $\dot{\alpha}_{32}^W$ führt über die integrierenden Mittel 216 unmittelbar, also nicht auf dem Umweg 32 über die Geschwindigkeit zu einer Änderung des Schätzwertes \hat{C}_{32}^W .
- 10 In entsprechender Weise arbeitet das Lagefilter 146.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, wird der "Waffenkurs" ψ^W dadurch bestimmt, daß zunächst aus den Elementen der dritten Zeile der Richtungskosinusmatrix, d.h.

15 $\hat{C}_{31}^W, \hat{C}_{32}^W, \hat{C}_{33}^W$, die den Rechnermitteln 164 über den Informationskanal 162 zugeführt werden, und den Winkelgeschwindigkeiten ω_y^W und ω_z^W nach der Beziehung

$$(1) \dot{\psi}^W = \frac{1}{1 - C_{31}^W} (\hat{C}_{33}^W \omega_z^W + \hat{C}_{32}^W \omega_y^W)$$

20

die Zeitableitung des Waffenkurses gebildet wird. Diese Zeitableitung wird dann durch die Integrationsmittel 166 mit dem Anfangswert $\psi^W(0)$ integriert.

25

Fig. 6 veranschaulicht die Gewinnung des Fahrzeugkurses ψ^F aus dem Waffenkurs ψ^W .

Die Richtungskosinusmatrix C_w^R für eine Transformation

30 aus dem waffenfesten Koordinatensystem x^W, y^W, z^W in das erdfeste Koordinatensystem x^R, y^R, z^R ist eine Funktion der Elemente \hat{C}_{31}^W und \hat{C}_{32}^W und des Waffenkurses ψ^W . Die Richtungskosinusmatrix C_F^W für eine Transformation

aus dem fahrzeugfesten Koordinatensystem x^F, y^F, z^F in

35

1 das waffenfeste Koordinatensystem x^W, y^W, z^W ist eine
 Funktion der Winkel α^T und σ^W , die von den Winkelgebern 14
 bzw. 18 gemessen werden. Die Richtungskosinusmatrix C_F^R
 5 für eine Transformation aus dem fahrzeugfesten Koordi-
 natensystem x^F, y^F, z^F ist die gleiche Funktion der
 Lagewinkel $\gamma^F, \beta^F, \gamma^F$. Es gilt

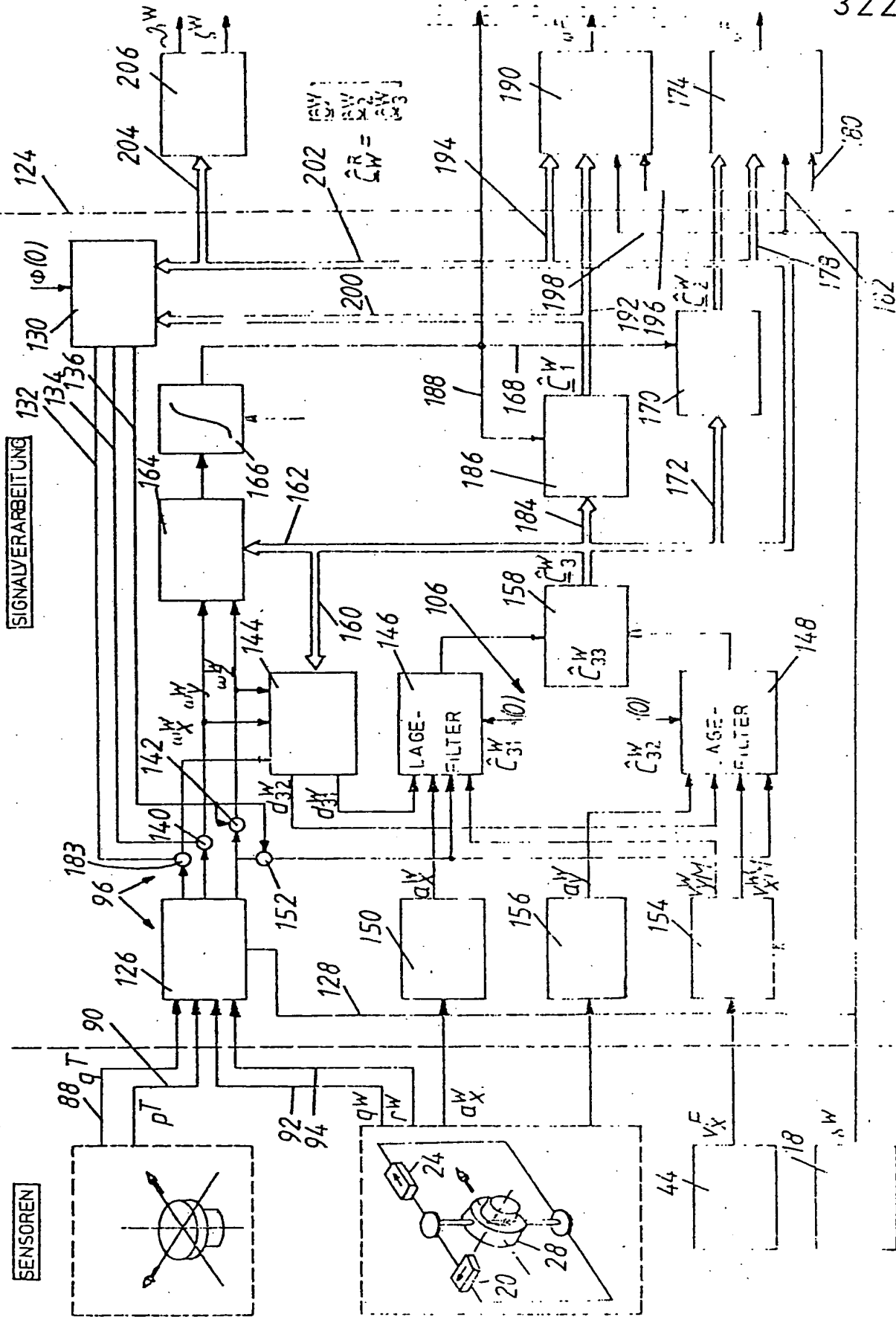
$$(2) \quad C_F^R(\gamma^F, \beta^F, \gamma^F) = C_W^R(\hat{C}_{31}^W, \hat{C}_{32}^W, \gamma^W) \cdot C_F^W(\alpha^T, \sigma^W)$$

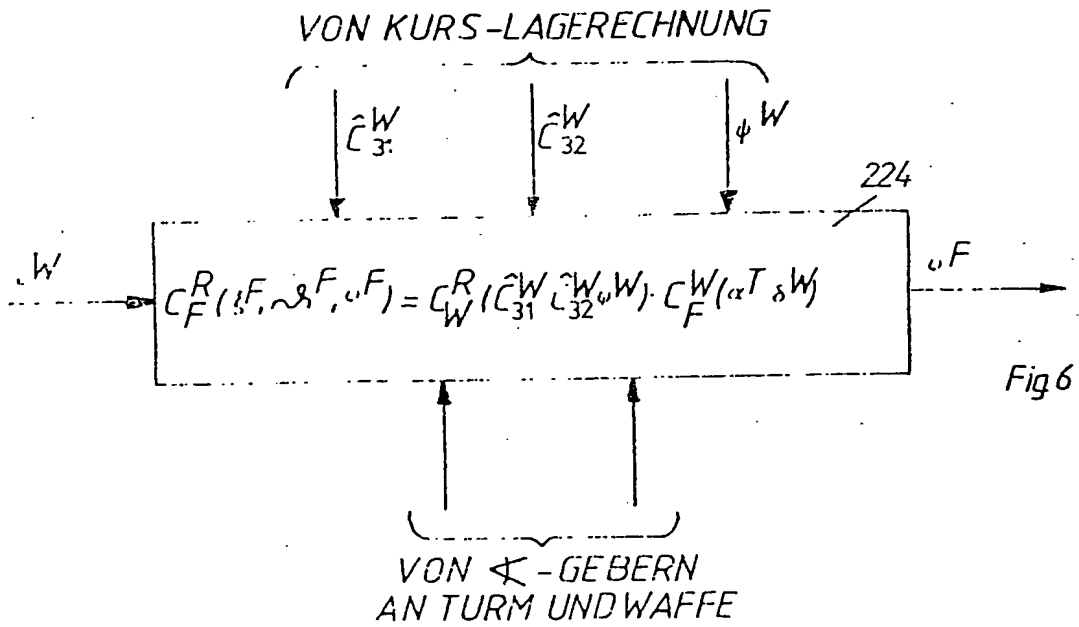
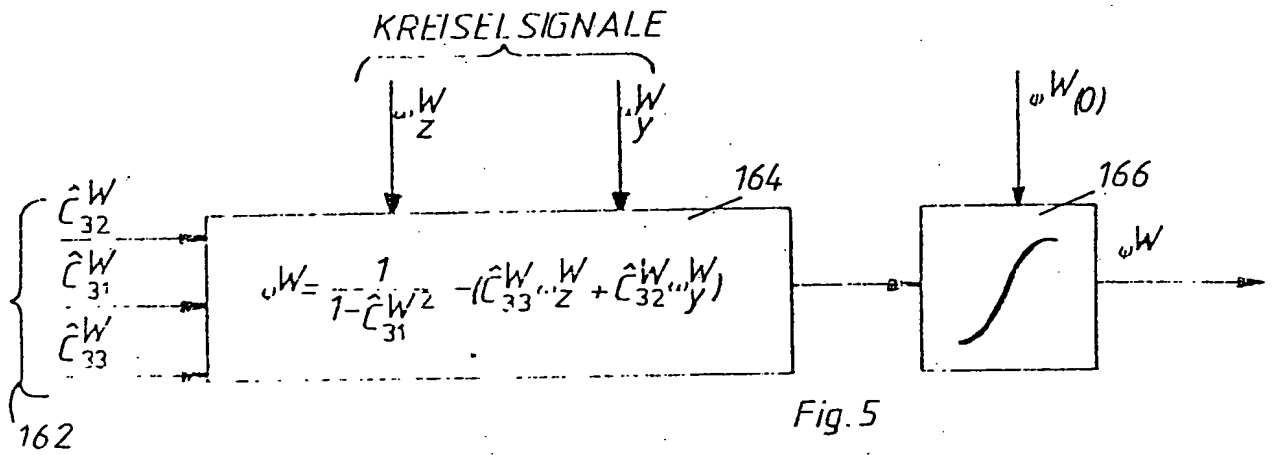
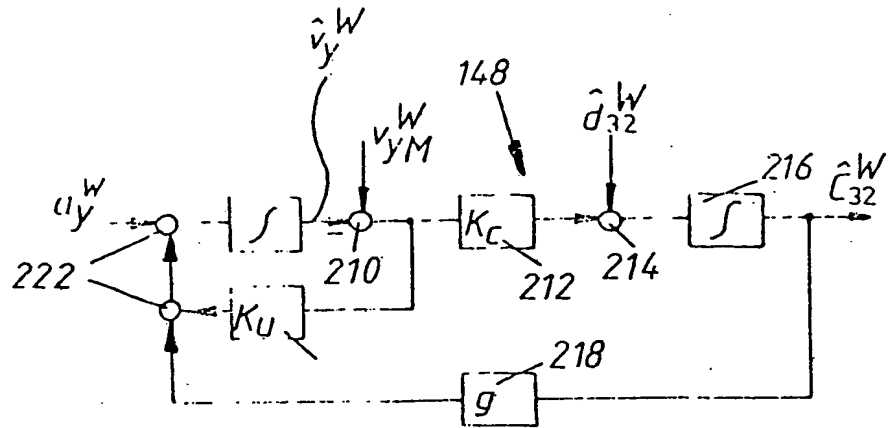
10 Die Anordnung mit den Rechnermitteln 186 und 170 sowie
 den Fahrzeugkurs-Rechnermitteln 174 und 190 von Fig. 3
 ist in Fig. 6 durch einen Block 224 dargestellt. Diesen
 Rechnermitteln werden die Elemente $\hat{C}_{31}^W, \hat{C}_{32}^W$, der
 Waffenkurs γ^W und die Winkel α^T und σ^W zugeführt.

15 Multipliziert man die Matrizen auf der rechten Seite der
 Gleichung (2) aus, so ergeben sich durch Vergleich der
 Elemente Beziehungen für γ^F , die in den Fahrzeugkurs-
 Rechnermitteln 174 und 190 benutzt werden.

Es sind vorstehend "Leitungen" erwähnt, um den Weg der
 20 verschiedenen Informationen in den Blockdiagrammen
 von Fig. 2 und 3 zu verdeutlichen. Das soll aber nicht
 bedeuten, daß es sich dabei um einzelne Leitungen handeln
 müsse, wie sie zur Übertragung analoger Signale dienen.

Fig.3





Nummer:
 Int. Cl.³:
 Anmeldetag:
 Offenlegungstag:

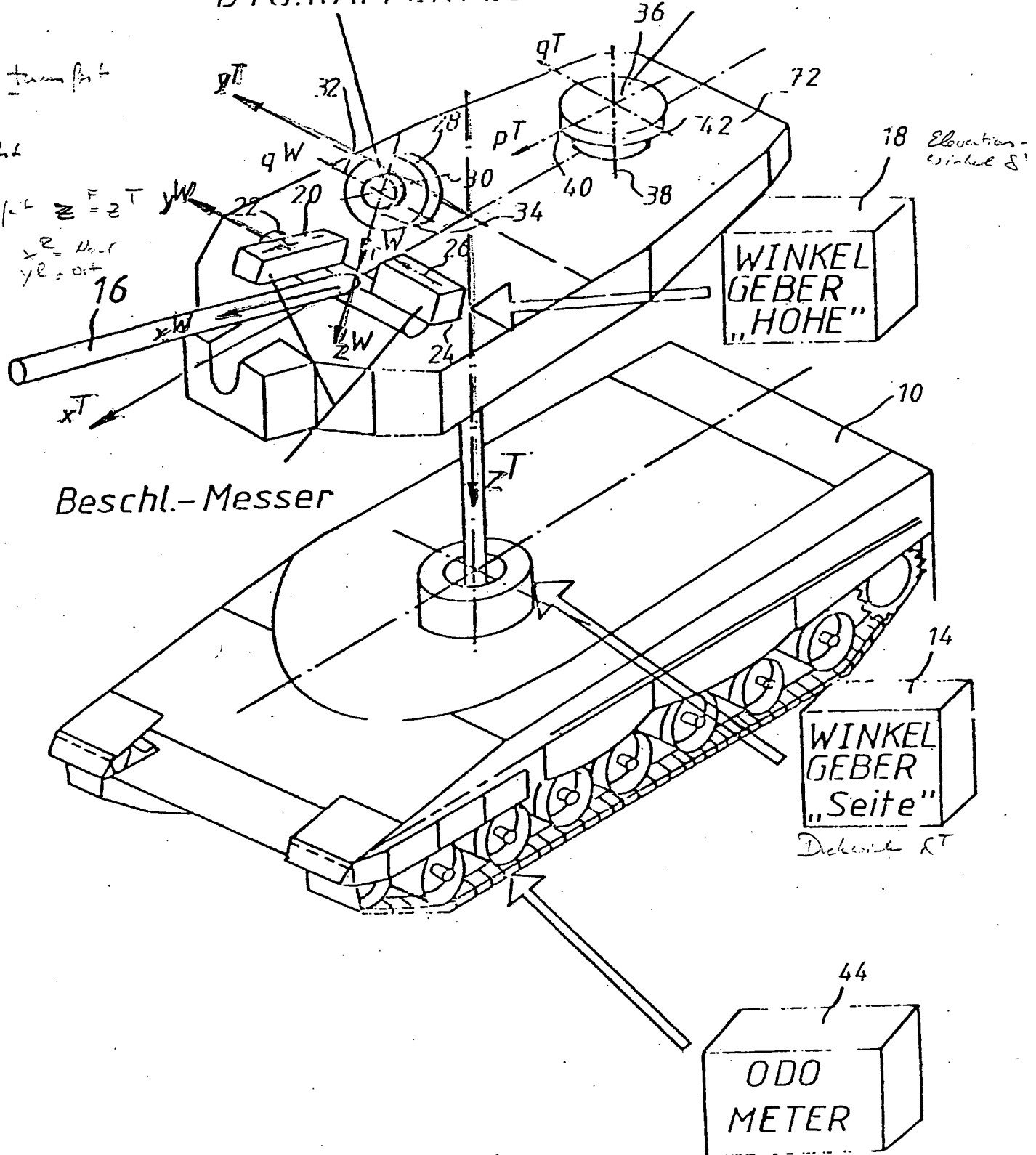
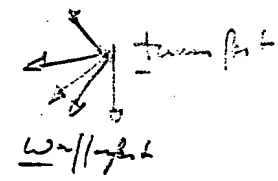
32 29 819
 G 05 D 1/12
 11. August 1982
 16. Februar 1984

- 33 -

3229819

DTG. WÄRTENFEST

DTG. TURMFEST



Figur 1

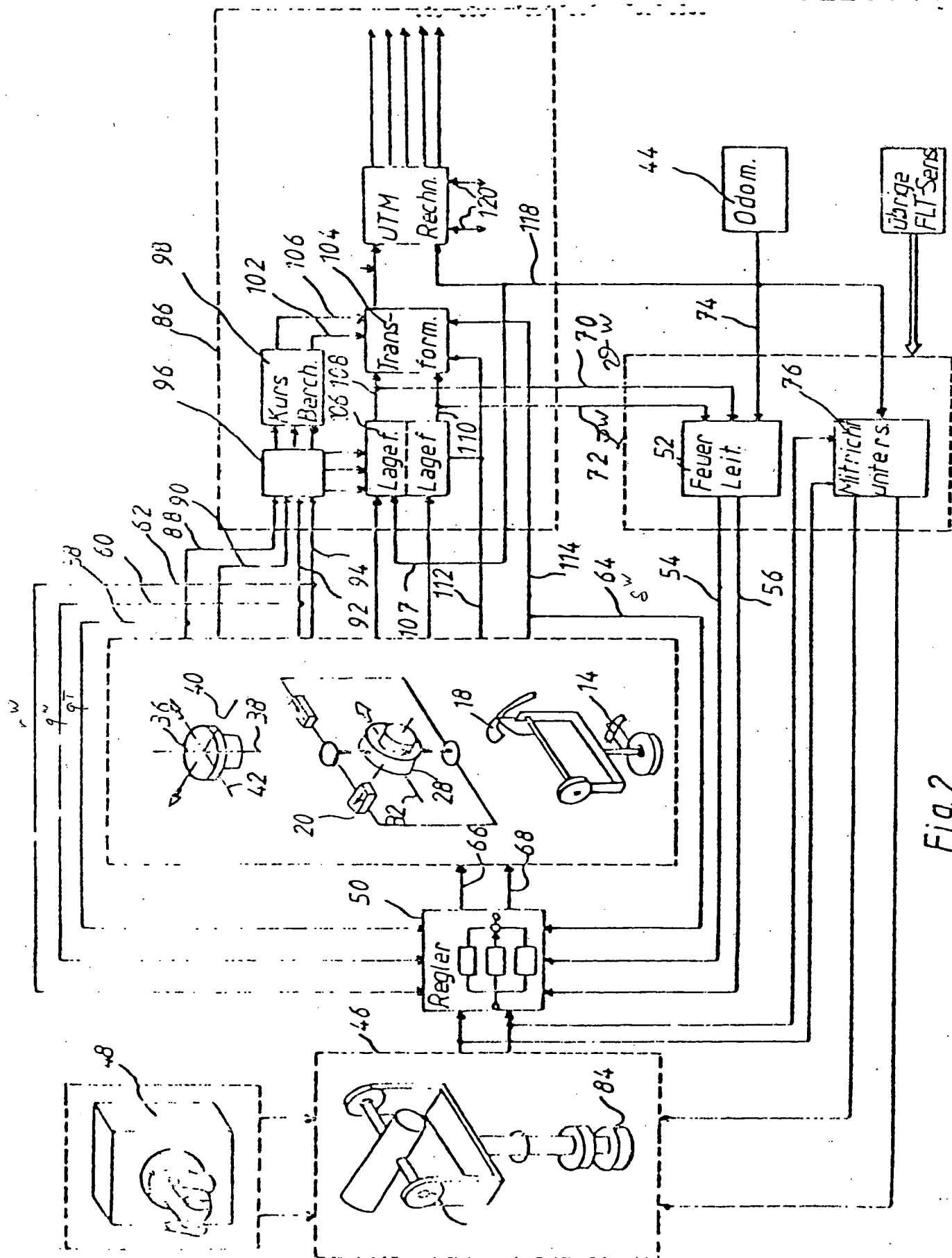


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.